

Japanese Patent Laid-open Publication No. HEI 9-19829 A

Publication date : January 21, 1997

Applicant : Mitsubishi Denki K. K.

Title : SURFACE PROCESSING METHOD AND APPARATUS BY DISCHARGE PROCESSING

5 ELEMETER

[ABSTRACT]

To process the surface by primary processing only, by using a coolant having a high content of C (carbon), together with a metal electrode likely to form a carbide of high wear resistance, such as W (tungsten), Ti (titanium), V (vanadium), Ta (tantalum), or Nb (niobium) as electrode.

[PURPOSE] To enhance wear resistance and corrosion resistance of workpiece substantially by forming a surface processing film of rigid metal carbide of high wear resistance on the surface of workpiece.

[CONSTITUTION] It comprises a metal electrode likely to form a carbide of high wear resistance, such as W (tungsten), Ti (titanium), V (vanadium), Ta (tantalum), or Nb (niobium), a coolant having a high content of C (carbon) such as a discharge coolant, high molecular compound coolant and water-based coolant mixing high molecular compound, coolant feed means for feeding the coolant between electrodes, and discharge pulse feed means for feeding discharge current pulse for generating chemical reaction between the electrode metal material and carbon in the coolant.

[0045]

[Embodiments]

Embodiment 1

Embodiment 1 of the invention is described below while referring  
5 to the drawings. Fig. 1 is a structural diagram showing a surface  
processing apparatus by discharge processing according to embodiment  
1 of the invention, in which reference numeral 1 is a workpiece to  
be processed by processing and surface treatment, 2 is a surface  
processing electrode formed of, for example, Ti (titanium), 3 is a  
10 kerosene discharge coolant with a high content of C (carbon), 4 is  
an electrode exchange device for exchanging discharge electrode and  
surface processing electrode 2, 5 is a Z-axis drive unit for driving  
the electrode in the vertical direction, 6 is an X-table for driving  
the workpiece in a horizontal direction (X-axis direction), 7 is a  
15 Y-table for driving the workpiece in a horizontal direction (Y-axis  
direction), 8 is an X-axis servo amplifier for controlling an X-axis  
drive motor, not shown, for driving the X-table 6, 9 is a Y-axis servo  
amplifier for controlling a Y-axis drive motor, not shown, for driving  
the Y-table 7, 10 is a processing tank, 11 is a CNC unit, 12 is a locus  
20 move control device provided in the CNC unit 11 for controlling relative  
move of the electrode during processing by the surface processing  
electrode 2, 13 is a CAM system for generating electrode move locus  
for supplying an electrode path program (NC program) for processing  
by the surface processing electrode 2 into the locus move control means  
25 device 12, 14 is a coolant feed device for feeding the coolant 3 between

electrodes, and 15 is a discharge pulse supply source for supplying electrode pulse having a specified rise time in a slope state for generating chemical reaction between the electrode metal substance and carbon in the coolant.

5 [0046]

The operation is explained below. Before the step of discharge processing, the workpiece 1 has been already processed into a shape by cutting or discharge processing and the shape has been already formed. The workpiece 1 in this state is set in the processing tank 10. After 10 setting the workpiece 1, the surface processing electrode 2 is mounted on the Z-axis drive unit 5 by means of the electrode exchange device 4, and processing is started. In the process, the kerosene discharge coolant 3 having a sufficient content of C (carbon) is always supplied into the processing tank 10 so as to be enough to form a carbide of 15 Ti on the workpiece surface, and it is processed by the surface processing electrode 2 of a simple shape so as to copy in the lateral direction of the processing surface in the rough processing step. That is, the locus move control device 12 provided inside the CNC unit 11 controls the move of the surface processing electrode 2 in the lateral 20 direction on the basis of the electrode path information (NC program) preliminarily created by the CAM system 13 for generating electrode move locus.

[0047]

By the thermal energy generated by discharge during process, Ti 25 (titanium), being an electrode material, is suspended in the coolant

of the processing portion, and is adhered to the workpiece surface. At the same time, C (carbon) in the coolant 3 is decomposed by thermal energy of discharge, and is parted from the coolant. By the chemical reaction between this decomposed carbon and Ti (titanium) adhered in 5 the coolant and to the workpiece surface, a carbide of Ti (TiC) is formed, and a hard film is formed on the workpiece surface.

[0048]

As the electrode, incidentally, when pressed and formed powder of Ti (titanium) is used, fusion of the powder for processing is 10 insufficient by primary processing alone, it is required to increase the density of surface processing layer by re-fusing process. At this time, it is general to execute secondary processing (re-fusing process) by copper electrode or the like. On the other hand, when Ti metal is used as the electrode as in this embodiment, as compared with the 15 compacted powder electrode, it is difficult to form a thick deposit layer on the workpiece surface, but since processing is stable, it is possible to re-fuse by primary processing only, so that a hard surface processing layer is obtained without requiring secondary processing.

20 [0049]

In this embodiment, using the Ti electrode of simple shape, it is shown to process while scanning the workpiece surface in the lateral direction, but the surface may be processed by preparing a vertical electrode formed according to the surface processing shape by using 25 Ti metal.

[0050]

As the metal used in the electrode, aside from Ti (titanium), V (vanadium), Ta (tantalum), Nb (niobium), or other metal electrode likely to form a highly wear resistant carbide may be used. In particular, by processing with an electrode having the component of mixing Ti and Nb, the toughness of the surface processing layer and the base metal contacting surface processing layer is enhanced. Further, by mixing V, same as in the TD process, a film of high heat resistance can be formed, and surface covering suited to processing of heat resistant parts can be formed. As for surface processing of ferrous workpiece, a stable processed layer can be formed by W electrode. In addition, Ta is effective to improve the corrosion resistance of surface processing layer. By using an electrode by mixing these materials, ceramic films of Ti, C, VC, TaC, WC can be formed on the workpiece surface. By varying the ratio of the electrode component, surface processing layers of various characteristics depending on the application and workpiece material can be easily obtained.

[0051]

In this embodiment, discharge coolant is used as the coolant, but same effects are obtained by using other coolant of high content of C (carbon) such as glycerin or other high polymer compound coolant and water-based coolant mixed with polyethylene glycol or other high molecular compound. In particular, by using these coolants, non-flammable processing being free from risk of fire accident may be realized.

9-150319

[TITLE OF THE INVENTION] DISCHARGE PROCESSING ELECTRODE WIRE

[NAME OF THE DOCUMENT] ABSTRACT

[SUMMARY]

5 [PROBLEM] When Cu-Zn alloy of low in tensile strength is used in the outermost layer, if attempted to keep the tensile strength by using a high tensile strength steel in the core, the electrical conductivity as the composite electrode wire is lowered, and the discharge processing current cannot be increased.

10 [SOLVING MEANS] Using Nb wire 101 in the core material, Nb/Cu two-phase dispersion fortified type composite layer 102 and Cu-Zn alloy layer 103 are sequentially formed coaxially on this Nb wire 101. The Nb/Cu two-phase dispersion fortified type composite layer 102 has a dispersion structure in the two-phase dispersion fortified type 15 composite of Nb and Cu, and a large tensile strength is assured by this dispersion structure. Moreover, Cu is present even in the dispersion structure, and the dispersion fortified type composite layer 102 has a high conductivity.

20 [0018]

[Embodiments of the Invention]

Fig. 1 is a sectional view showing a first embodiment of discharge processing electrode wire according to the invention. The discharge processing electrode wire 100 in the invention is composed of a core 25 material made of Nb (or Nb alloy) wire 101, and Nb (or Nb alloy)/Cu

(or Cu alloy) two-phase dispersion fortified type composite layer 102 is provided coaxially on the outer circumference of the Nb wire 101. Further, the Nb/Cu two-phase dispersion fortified type composite layer 102 is covered with Cu-Zn alloy layer 103.

5       The Nb/Cu two-phase dispersion fortified type composite layer 102 is a composite material formed by laminating and winding tightly sheet materials of Nb and Cu, and it has both high tensile strength and high conductivity. For this Nb/Cu two-phase dispersion fortified type composite layer 102, the Nb wire 101 functions as a core material  
10 having a larger strength than Cu. The Cu-Zn alloy layer 103 on the outermost layer is an important portion for dominating the discharge processability. Accordingly, adding Zn excellent in discharge processing characteristic to Cu (Zn = 10 to 50 wt.%), a Cu-Zn alloy is used.

15       Herein, the mode of transformation of the laminate composite material into Nb/Cu two-phase dispersion fortified composite material having a high tensile strength characteristic is explained. Laminating Nb sheet 102a and Cu sheet 102b, a composite material is formed as shown in Fig. 2 (a), and by reduction processing, creases  
20 are formed as shown in Fig. 2 (b) to be deformed into Nb layer 102c and Cu layer 102d, and the structure collapses from the laminar texture. Finally, as shown in Fig. 2 (c), one layer becomes a dispersion phase, and it is transformed into a dispersion structure. Herein, the Cu layer 102d becomes dispersion phase 102f, and the Nb layer 102c becomes  
25 Nb phase 102e.

In the region not destroyed in the laminar texture, the composite rule is established, and the tensile strength of the laminate composite layer itself is low, and it is difficult to be applied as a reinforcing member of the composite electrode wire. By contrast, as the laminar 5 texture is decomposed to be dispersion structure, the composite rule is not applied in the tensile strength of the Nb/Cu composite material, and a maximum tensile strength of about 250 kgf/mm<sup>2</sup> is achieved. As a result, a composite material usable as reinforcing member of the composite electrode wire can be obtained. In this Nb/Cu composite 10 material, since Cu of high conductivity is present also in the dispersion structure, the Nb/Cu two-phase dispersion fortified type composite layer 102 has a high conductivity characteristic.

(51)Int.CI.<sup>6</sup>  
B 23 H 1/08

識別記号

序内整理番号

F I

B 23 H 1/08

技術表示箇所

## 特許出願番号

## 審査請求 未請求 請求項の数19 O.L (全13頁)

(21)出願番号 特願平7-168636

(22)出願日 平成7年(1995)7月4日

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(71)出願人 390014535

新技術事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(71)出願人 000173289

斎藤 長男

愛知県春日井市岩成台9丁目12番地12

(71)出願人 591135853

毛利 尚武

愛知県名古屋市天白区八事石坂661-51

(74)代理人 弁理士 高田 守 (外4名)

最終頁に続く

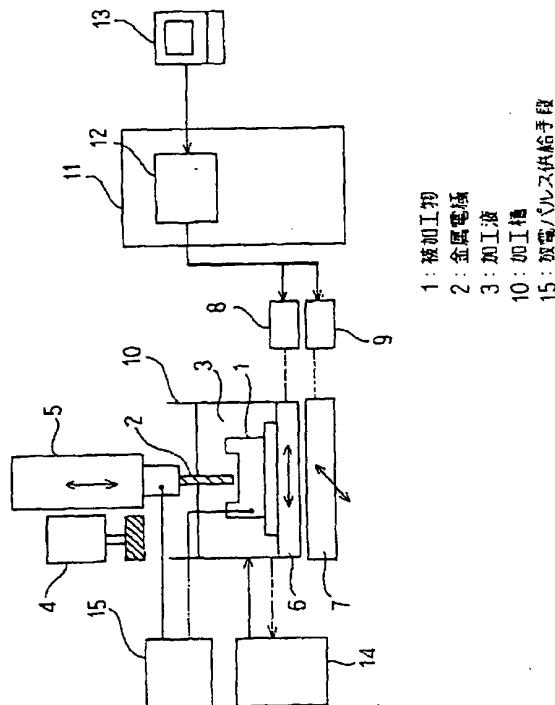
## (54)【発明の名称】 放電加工による表面処理方法および装置

## (57)【要約】

電極としてW(タンクステン)、Ti(チタン)、V(バナジウム)、Ta(タンタル)、Nb(ニオブ)など、耐磨耗性の高い炭化物を作りやすい金属電極を用いるとともに、C(炭素)を多く含有する加工液を用い、1次加工のみで表面処理を行う。

【目的】 工作物表面に耐磨耗性の高い強固な金属炭化物の表面処理膜を形成し、工作物の耐磨耗性、耐食性を大幅に向上させる。

【構成】 W(タンクステン)、Ti(チタン)、V(バナジウム)、Ta(タンタル)、Nb(ニオブ)など、耐磨耗性の高い炭化物を作りやすい金属電極と、C(炭素)を多く含有する、放電加工油、高分子化合物系加工液、高分子化合物を混合した水系加工液などの加工液と、前記加工液を極間に供給する加工液供給手段と、前記電極金属物質と加工液中の炭素との間に化学反応を発生させる放電電流パルスを供給する放電パルス供給手段を備えた。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 液中で被加工物表面に改質層を形成する放電加工による表面処理方法において、炭素と結合して耐磨耗性の高い炭化物を形成する金属を電極として用い、所定の絶縁耐力を有し、炭素を所定量含有する液体を加工液として用い、所定の立ち上がり時間を有する電流波形を放電パルス波形として用いることにより、放電加工の熱作用によって前記金属電極物質と前記加工液中の炭素との間に化学反応を発生させしめ、前記被加工物表面に金属炭化物の改質層を形成することを特徴とする放電加工による表面処理方法。

【請求項2】 液中で被加工物表面に改質層を形成する放電加工による表面処理方法において、所定の絶縁耐力を有し、耐磨耗性の高いセラミックス粉末を含有する液体を加工液として用い、前記放電加工の熱作用によって前記被加工物表面を溶融させ前記被加工物表面に前記セラミックスの改質層を形成することを特徴とする放電加工による表面処理方法。

【請求項3】 液中で被加工物表面に改質層を形成する放電加工による表面処理方法において、炭素と結合して耐磨耗性の高い炭化物を形成する金属を電極として用い、所定の絶縁耐力を有し、炭素を所定量含有する液体を加工液として用い、前記加工液に耐磨耗性の高いセラミックス粉末を混入し、放電加工の熱作用によって前記被加工物表面を溶融せしめるとともに、前記金属電極物質と前記加工液中の炭素との間に化学反応を発生せしめ、前記被加工物表面に耐磨耗性の高い改質層を形成することを特徴とする放電加工による表面処理方法。

【請求項4】 放電加工の電気条件として、電極有消耗条件で放電加工を行うことを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の放電加工による表面処理方法。

【請求項5】 放電加工の極性を電極（-）、被加工物（+）の極性で放電加工を行うことを特徴とする請求項4記載の放電加工による表面処理方法。

【請求項6】 放電加工における放電パルス電流として、所定の立ち上がり時間を有する放電パルス電流を用いることを特徴とする請求項2または3に記載の放電加工による表面処理方法。

【請求項7】 放電加工による表面処理を行い形成された改質層の堆積量が加工時間の経過により減少するとき、被加工物の除去の進行が開始する以前に加工を終了するかまたは加工位置を変更することにより、あらかじめ形成された被加工物形状を損ねることなく、被加工物表面に改質層を形成することを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の放電加工による表面処理方法。

【請求項8】 液中で被加工物表面に改質層を形成する放電加工による表面処理装置において、炭素と結合して耐磨耗性の高い炭化物を形成する金属からなる電極と、所定の絶縁耐力を有し、炭素を所定量含有する加工液を貯溜する加工槽と、所定の立ち上がり時間を有する放電

パルス電流を極間に供給する放電パルス供給手段とを備え、放電加工の熱作用によって前記金属電極物質と加工液中の炭素との間に化学反応を発生させることにより、被加工物表面に金属炭化物の改質層を形成することを特徴とする放電加工による表面処理装置。

【請求項9】 液中で放電加工により被加工物表面に改質層を形成する放電表面処理装置において、所定の絶縁耐力を有し、耐磨耗性の高いセラミックス粉末を含有する加工液を貯溜する加工槽と、放電パルス電流を極間に供給する放電パルス供給手段とを備え、前記放電加工の熱作用によって前記被加工物表面を溶融させ前記被加工物表面に前記セラミックスの改質層を形成することを特徴とする放電加工による表面処理装置。

【請求項10】 液中で被加工物表面に改質層を形成する放電加工による表面処理装置において、炭素と結合して耐磨耗性の高い炭化物を形成する金属からなる電極と、所定の絶縁耐力を有し、炭素を所定量含有する液体に耐磨耗性の高いセラミックス粉末を混入した加工液を貯溜する加工槽と、放電パルス電流を極間に供給する放電パルス供給手段とを備え、放電加工の熱作用によって前記被加工物表面を溶融せしめるとともに、前記金属電極物質と前記加工液中の炭素との間に化学反応を発生せしめ、前記被加工物表面に耐磨耗性の高い改質層を形成することを特徴とする放電加工による表面処理装置。

【請求項11】 液中で被加工物表面に改質層を形成する放電加工による表面処理装置において、炭素と結合して耐磨耗性の高い炭化物を形成する金属からなるワイヤ状電極と、所定の絶縁耐力を有し、炭素を所定量含有する加工液を貯溜する加工槽と、放電パルス電流を極間に供給する放電パルス供給手段とを備え、放電加工の熱作用によって前記金属電極物質と加工液中の炭素との間に化学反応を発生させることにより前記被加工物表面に金属炭化物の改質層を形成することを特徴とする放電加工による表面処理装置。

【請求項12】 放電加工の電気条件として、電極有消耗条件にて放電加工を行うことを特徴とする請求項8～11のいずれかに記載の放電加工による表面処理装置。

【請求項13】 放電加工の極性を電極（-）、被加工物（+）の極性で放電加工を行うことを特徴とする請求項12記載の放電加工による表面処理装置。

【請求項14】 放電加工における放電パルス電流として、所定の立ち上がり時間を有する放電パルス電流を用いることを特徴とする請求項9～11記載の放電加工による表面処理装置。

【請求項15】 電極を単純形状電極とし、この単純形状電極を被加工物表面に対して平行方向に移動させるよう制御を行う軌跡移動制御手段を備え、前記単純形状電極により被加工物表面をスキヤニングしながら放電加工を行うことを特徴とする請求項8～11のいずれかに記載の放電加工による表面処理装置。

【請求項16】電極の被加工物表面に対する平行方向移動量に応じて発生する電極の長手方向の消耗に対して電極の垂直方向の位置を補正する電極消耗補正手段を備えたことを特徴とする請求項15記載の放電加工による表面処理装置。

【請求項17】放電加工による表面処理を行い形成された改質層の堆積量が加工時間の経過により減少する場合、被加工物の除去の進行が開始するまでの時間を記憶する記憶手段を備え、被加工物の除去の進行が開始する以前に放電加工を終了することにより、あらかじめ形成された被加工物形状を損ねることなく、被加工物表面に改質層を形成することを特徴とする請求項8～10のいずれかに記載の放電加工による表面処理装置。

【請求項18】被加工物の除去の進行しないようなスキヤニング速度を決定するパラメータを記憶する記憶手段を備え、被加工物の除去の進行が開始する以前に放電位置を移動することにより、あらかじめ形成された被加工物形状を損ねることなく、被加工物表面に改質層を形成することを特徴とする請求項15記載の放電加工による表面処理装置。

【請求項19】被加工物表面への表面処理と仕上加工を同時にを行うことを特徴とする請求項8～11のいずれかに記載の放電加工による表面処理装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、放電加工を利用した表面処理方法および装置に係わるものであり、被加工物表面に耐磨耗性の高い表面処理膜を形成するものである。

##### 【0002】

【従来の技術】図11は、例えば増井他による専門誌「電気加工技術」、Vol. 16 No. 53 (1993) 38の放電加工による表面加工への展開に示される従来の放電表面改質方法および装置を示した図である(参考文献1)。図において、1は表面改質を行う工作物、2は電極、3は改質材料粉末を混入した加工液、5は電極2を保持する主軸であり、図示されない駆動装置により上下方向に可動とされる。10は加工槽、15は加工用電源である。

【0003】次に動作について説明する。図中、被加工物たる工作物1と電極2の間には加工用電源15によりパルス電圧が印加され、放電が発生する。電極2は主軸5とともに図示されない駆動装置により上下方向(Z軸方向)にサーボ駆動され、加工が進行する。加工液3にはタンクステンの微粉末が混入されているため、工作物1の表面においては放電により工作物1の母材が溶融されるとともに、加工液中のタンクステン粉末が混入し、工作物1表面に改質層すなわちタンクステン合金層が形成される。文献によれば、正極性放電(電極-、工作物+)において特に均一な改質層が得られることが報告さ

れている。また、その他シリコン、クロムなどの粉末を加工液に混入して放電加工を行うことにより、金属表面に同様な改質層が形成され、高い耐食性や耐磨耗性が得られることが知られている。

【0004】また、金属表面に改質層を形成する別の方法として、齊藤他、電気加工学会全国大会講演論文集(1993)79の“液中放電の表面加工への展開”に示す方法がある。この方法はタンクステンカーバイトなどの粉末を圧縮することにより形成した電極により、工作物表面に1次表面処理層を形成したのち、銅電極により2次加工を行って緻密な表面処理層を形成する方法であり、先の方法と比較してより緻密な表面処理層が得られる。

##### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】従来の放電加工による表面処理装置は、上記のように構成されており、タンクステンなどの粉末を加工液に混入して加工を行うが、加工液に混入された粉末に吸収されるエネルギーはきわめて小さく、放電の熱エネルギーによる化学反応が進行しないため、炭化物が形成されない。よって、工作物表面には、工作物表面の溶融により、粉末物質であるタンクステンが工作物の金属にとけ込んだ合金層となり、耐磨耗性が高い金属炭化物の表面処理層は得られず、機械特性や高温特性に優れたセラミックス系膜の成膜ができないという問題があった。また、電極としてタンクステンカーバイトなどの炭化物の粉体を圧縮したものについては、粉体の結合が弱く電極がもろいことから、放電加工における電極の消耗を大きくすることができるため、数十μm程度の厚い堆積層が容易に形成できる。反面、電極がもろいために十分な工作物表面の再溶融が行なわれにくく、その結果表面処理層も脆弱なものしか形成されない。このため、圧粉体電極による1次加工を行ったのちに、銅電極による再溶融加工(2次加工)を行う必要があり、電極製作や加工工程の面でかなり負荷が増大するなどの問題があった。

【0006】この発明は上記のような従来のものの課題を解消するためになされたもので、電極としてW(タンクステン)、Ti(チタン)、V(バナジウム)、Ta(タンタル)、Nb(ニオブ)など、耐磨耗性の高い炭化物を作りやすい金属電極を用いるとともに、C(炭素)を所定量含有する加工液、または前記加工液に耐磨耗性の高いセラミックスを混入した加工液を用いることにより被加工物表面に耐磨耗性の高い強固な表面処理膜を形成し、被加工物の耐磨耗性、耐食性を大幅に向上させることを目的としている。

##### 【0007】

【課題を解決するための手段】この発明に係わる放電加工による表面処理方法は、液中で被加工物表面に改質層を形成する放電加工による表面処理方法において、炭素と結合して耐磨耗性の高い炭化物を形成する金属を電極

として用い、所定の絶縁耐力を有し、炭素を所定量含有する液体を加工液として用い、所定の立ち上がり時間と有する電流波形を放電パルス波形として用いることにより、放電加工の熱作用によって前記金属電極物質と前記加工液中の炭素との間に化学反応を発生せしめ、前記被加工物表面に金属炭化物の改質層を形成するものである。

【0008】また、液中で被加工物表面に改質層を形成する放電加工による表面処理方法において、所定の絶縁耐力を有し、耐磨耗性の高いセラミックス粉末を含有する液体を加工液として用い、前記放電加工の熱作用によって前記被加工物表面を溶融させ前記被加工物表面に前記セラミックスの改質層を形成するものである。

【0009】また、液中で被加工物表面に改質層を形成する放電加工による表面処理方法において、炭素と結合して耐磨耗性の高い炭化物を形成する金属を電極として用い、所定の絶縁耐力を有し、炭素を所定量含有する液体を加工液として用い、前記加工液に耐磨耗性の高いセラミックス粉末を混入し、放電加工の熱作用によって前記被加工物表面を溶融せしめるとともに、前記金属電極物質と前記加工液中の炭素との間に化学反応を発生せしめ、前記被加工物表面に耐磨耗性の高い改質層を形成するものである。

【0010】また、放電加工の電気条件として、電極有消耗条件で放電加工を行うものである。

【0011】また、放電加工の極性を電極（-）、被加工物（+）の極性で放電加工を行うものである。

【0012】また、放電加工における放電パルス電流として、所定の立ち上がり時間と有する放電パルス電流を用いるものである。

【0013】また、放電加工による表面処理を行い形成された改質層の堆積量が加工時間の経過により減少するとき、被加工物の除去の進行が開始する以前に加工を終了するかまたは加工位置を変更することにより、あらかじめ形成された被加工物形状を損ねることなく、被加工物表面に改質層を形成するものである。

【0014】この発明に係わる放電加工による表面装置は、液中で被加工物表面に改質層を形成する放電加工による表面処理装置において、炭素と結合して耐磨耗性の高い炭化物を形成する金属からなる電極と、所定の絶縁耐力を有し、炭素を所定量含有する加工液を貯溜する加工槽と、所定の立ち上がり時間と有する放電パルス電流を極間に供給する放電パルス供給手段とを備え、放電加工の熱作用によって前記金属電極物質と加工液中の炭素との間に化学反応を発生させることにより、被加工物表面に金属炭化物の改質層を形成するものである。

【0015】また、液中で放電加工により被加工物表面に改質層を形成する放電表面処理装置において、所定の絶縁耐力を有し、耐磨耗性の高いセラミックス粉末を含有する加工液を貯溜する加工槽と、放電パルス電流を極間に供給する放電パルス供給手段とを備え、前記放電加工の熱作用によって前記セラミックスの改質層を形成するものである。

間に供給する放電パルス供給手段とを備え、前記放電加工の熱作用によって前記被加工物表面を溶融させ前記被加工物表面に前記セラミックスの改質層を形成するものである。

【0016】また、液中で被加工物表面に改質層を形成する放電加工による表面処理装置において、炭素と結合して耐磨耗性の高い炭化物を形成する金属からなる電極と、所定の絶縁耐力を有し、炭素を所定量含有する液体に耐磨耗性の高いセラミックス粉末を混入した加工液を貯溜する加工槽と、放電パルス電流を極間に供給する放電パルス供給手段とを備え、放電加工の熱作用によって前記被加工物表面を溶融せしめるとともに、前記金属電極物質と前記加工液中の炭素との間に化学反応を発生せしめ、前記被加工物表面に耐磨耗性の高い改質層を形成するものである。

【0017】また、液中で被加工物表面に改質層を形成する放電加工による表面処理装置において、炭素と結合して耐磨耗性の高い炭化物を形成する金属からなるワイヤ状電極と、所定の絶縁耐力を有し、炭素を所定量含有する加工液を貯溜する加工槽と、放電パルス電流を極間に供給する放電パルス供給手段とを備え、放電加工の熱作用によって前記金属電極物質と加工液中の炭素との間に化学反応を発生させることにより前記被加工物表面に金属炭化物の改質層を形成するものである。

【0018】また、放電加工の電気条件として、電極有消耗条件にて放電加工を行うものである。

【0019】また、放電加工の極性を電極（-）、被加工物（+）の極性で放電加工を行うものである。

【0020】また、放電加工における放電パルス電流として、所定の立ち上がり時間と有する放電パルス電流を用いるものである。

【0021】また、電極を単純形状電極とし、この単純電極形状電極を被加工物表面に対して平行方向に移動させるよう制御を行う軌跡移動制御手段を備え、前記単純形状電極により被加工物表面をスキャニングしながら放電加工を行うものである。

【0022】また、電極の被加工物表面に対する平行方向移動量に応じて発生する電極の長手方向の消耗に対して電極の垂直方向の位置を補正する電極消耗補正手段を備えたものである。

【0023】また、放電加工による表面処理を行い形成された改質層の堆積量が加工時間の経過により減少する場合、被加工物の除去の進行が開始するまでの時間を記憶する記憶手段を備え、被加工物の除去の進行が開始する以前に放電加工を終了することにより、あらかじめ形成された被加工物形状を損ねることなく、被加工物表面に改質層を形成するものである。

【0024】また、被加工物の除去の進行しないようなスキャニング速度を決定するパラメータを記憶する記憶手段を備え、被加工物の除去の進行が開始する以前に放

電位置を移動することにより、あらかじめ形成された被加工物形状を損ねることなく、被加工物表面に改質層を形成するものである。

【0025】また、被加工物表面への表面処理と仕上加工を行なうものである。

【0026】

【作用】この発明における放電加工による表面処理方法は、炭素と結合して耐磨耗性の高い炭化物を形成する金属を電極として用い、炭素を所定量含有する液体を加工液として用い、所定の立ち上がり時間を有する電流波形を放電パルス波形として用いることにより、放電加工の熱作用によって金属電極物質と加工液中の炭素との間に化学反応を発生せしめ、被加工物表面に金属炭化物の改質層を形成する。

【0027】また、耐磨耗性の高いセラミックス粉末を含有する液体を加工液として用い、放電加工の熱作用によって被加工物表面を溶融させ被加工物表面にセラミックスの改質層を形成する。

【0028】また、炭素と結合して耐磨耗性の高い炭化物を形成する金属を電極として用い、炭素を所定量含有する液体を加工液として用い、加工液に耐磨耗性の高いセラミックス粉末を混入し、放電加工の熱作用によって被加工物表面を溶融せしめるとともに、金属電極物質と加工液中の炭素との間に化学反応を発生せしめ、被加工物表面に耐磨耗性の高い改質層を形成する。

【0029】また、放電加工の電気条件として、電極有消耗条件で放電加工を行うことにより、被加工物表面に改質層を形成する。

【0030】また、放電加工の極性を電極（-）、被加工物（+）の極性で放電加工を行うことにより、被加工物表面に改質層を形成する。

【0031】また、放電加工における放電パルス電流として、所定の立ち上がり時間を有する放電パルス電流を用いることにより、被加工物表面に改質層を形成する。

【0032】また、放電加工による表面処理を行い形成された改質層の堆積量が加工時間の経過により減少するとき、被加工物の除去の進行が開始する以前に加工を終了するかまたは加工位置を変更することにより、あらかじめ形成された被加工物形状を損ねることなく、被加工物表面に改質層を形成する。

【0033】この発明における放電加工による表面処理装置は、炭素と結合して耐磨耗性の高い炭化物を形成する金属からなる電極と、炭素を所定量含有する加工液を貯留する加工槽と、所定の立ち上がり時間を有する放電パルス電流を極間に供給する放電パルス供給手段とを備え、放電加工の熱作用によって金属電極物質と加工液中の炭素との間に化学反応を発生させることにより、被加工物表面に金属炭化物の改質層を形成する。

【0034】また、耐磨耗性の高いセラミックス粉末を含有する加工液を貯留する加工槽と、放電パルス電流を

極間に供給する放電パルス供給手段とを備え、放電加工の熱作用によって被加工物表面を溶融させ被加工物表面にセラミックスの改質層を形成する。

【0035】また、炭素と結合して耐磨耗性の高い炭化物を形成する金属からなる電極と、炭素を所定量含有する液体に耐磨耗性の高いセラミックス粉末を混入した加工液を貯留する加工槽と、放電パルス電流を極間に供給する放電パルス供給手段とを備え、放電加工の熱作用によって被加工物表面を溶融せしめるとともに、金属電極物質と加工液中の炭素との間に化学反応を発生せしめ、被加工物表面に耐磨耗性の高い改質層を形成する。

【0036】また、炭素と結合して耐磨耗性の高い炭化物を形成する金属からなるワイヤ状電極と、炭素を所定量含有する加工液を貯留する加工槽と、放電パルス電流を極間に供給する放電パルス供給手段とを備え、放電加工の熱作用によって金属電極物質と加工液中の炭素との間に化学反応を発生させることにより被加工物表面に金属炭化物の改質層を形成する。

【0037】また、放電加工の電気条件として、電極有消耗条件にて放電加工を行うことにより、被加工物表面に改質層を形成する。

【0038】また、放電加工の極性を電極（-）、被加工物（+）の極性で放電加工を行うことにより、被加工物表面に改質層を形成する。

【0039】また、放電加工における放電パルス電流として、所定の立ち上がり時間を有する放電パルス電流を用いることにより、被加工物表面に改質層を形成する。

【0040】また、電極を単純形状電極とし、この単純電極形状電極を被加工物表面に対して平行方向に移動させるよう制御を行う軌跡移動制御手段を備え、単純形状電極により被加工物表面をスキヤニングしながら放電加工を行うことにより、被加工物表面に改質層を形成する。

【0041】また、電極の被加工物表面に対する平行移動量に応じて発生する電極の長手方向の消耗に対して電極の垂直方向の位置を補正する電極消耗補正手段を備えたことにより、被加工物表面に改質層を形成する。

【0042】また、放電加工による表面処理を行い形成された改質層の堆積量が加工時間の経過により減少する場合、被加工物の除去の進行が開始するまでの時間を記憶する記憶手段を備え、被加工物の除去の進行が開始する以前に放電加工を終了することにより、あらかじめ形成された被加工物形状を損ねることなく、被加工物表面に改質層を形成する。

【0043】また、被加工物の除去の進行しないようなスキヤニング速度を決定するパラメータを記憶する記憶手段を備え、被加工物の除去の進行が開始する以前に放電位置を移動することにより、あらかじめ形成された被加工物形状を損ねることなく、被加工物表面に改質層を形成する。

【0044】また、被加工物表面への表面処理と仕上加工を同時にすることにより、被加工物表面に改質層を形成する。

#### 【0045】

##### 【実施例】

実施例1. 以下、この発明の実施例1を図に基づき説明する。図1はこの発明の実施例1の放電加工による表面処理装置を示す構成図であり、1は加工および表面処理を行う被加工物たる工作物、2は例えばTi（チタン）により形成された表面処理用電極、3はC（炭素）を多く含有する灯油系放電加工油、4は通常の放電用電極と表面処理用電極2を交換する電極交換装置、5は電極の垂直方向の駆動を行うZ軸駆動装置、6は工作物の水平方向（X方向）駆動を行うためのXテーブル、7は工作物の水平方向（Y方向）駆動を行うためのYテーブル、8はXテーブル6用の図示されない駆動モーターを制御するX軸サーボアンプ、9はYテーブル7用の図示されない駆動モーターを制御するY軸サーボアンプ、10は加工槽、11はCNC制御装置、12はCNC制御装置11内部に設けられ、表面処理用電極2による加工における電極の動きを制御する軌跡移動制御装置、13は表面処理用電極2による加工のための電極パスプログラム（NCプログラム）を軌跡移動制御装置12に供給する電極軌跡生成用CAM、14は加工液3を極間に供給する加工液供給装置、15は前記電極金属物質と加工液中の炭素との間に化学反応を発生させるようなスロープ状で所定の立ち上がり時間と有する電極パルスを供給する放電パルス供給電源である。

【0046】次に、動作について説明する。工作物1は放電加工を行う前工程にて、切削加工、放電加工などによりあらかじめ加工がなされ、形状はすでに形成されている。この状態の工作物1を加工槽10内にセットする。工作物1のセッティングを行った後、電極交換装置4により表面処理用電極2をZ軸駆動装置5に取付け、加工を開始する。加工中、加工槽10にはTiの炭化物を工作物表面に形成するのに十分の量のC（炭素）を含有する灯油系放電加工油3が常時供給され、単純形状の表面処理用電極2によって前荒加工工程による加工表面を横方向になぞるように加工を行う。すなわち、CNC制御装置11内部に設けられた軌跡移動制御装置12はあらかじめ電極移動軌跡生成用CAM13によって作成された電極パス情報（NCプログラム）に基づき、表面処理用電極2の横方向の移動の制御を行う。

【0047】加工中、放電により発生した熱エネルギーにより、電極材料であるTi（チタン）が加工部分の加工液中に浮遊するとともに、工作物表面に付着する。また、同時に加工液3の中のC（炭素）が放電の熱エネルギーにより分解し、加工液から離脱する。この分解した炭素と前記加工液中および工作物表面に付着したTi（チタン）との間の化学反応により、Tiの炭化物（TiC）が形成され、工作物表面に硬質被膜が形成される。

【0048】また、電極として、Ti（チタン）の粉体を加圧成形したものを用いた場合、1次加工だけでは処理用粉体自身の溶融が不十分であるため、再溶融加工を行い、表面処理層を緻密にする必要がある。その際には、銅電極などにより、2次加工（再溶融加工）を実施するのが一般的である。一方、本実施例のように、電極としてTi金属を用いた場合、圧粉体電極の場合と比較して、工作物表面に厚い堆積層を形成することは困難であるが、加工が安定であるので1次加工のみで再溶融が可能であり、2次加工を行うことなく硬質な表面処理層が得られる。

【0049】なお、上記実施例では、単純形状のTi電極を用い、工作物表面を横方向にスキャンしながら加工を行う例を示したが、Ti金属により表面処理形状にあわせて形成された縦型電極を作成し、表面処理を行うようにも良い。

【0050】また、電極に使用する金属としては、Ti（チタン）以外に、V（バナジウム）、Ta（タングステン）、Nb（ニオブ）など、耐磨耗性の高い炭化物を作りやすい他の金属電極を用いても良い。特に、TiにNbを混合した成分の電極で加工を行うことにより、表面処理層と母材の密着表面処理層の靭性が向上する。また、Vを混合することによりTDプロセスと同様、耐熱性の高い被膜を形成することができ、耐熱部品の処理に適した表面被覆を行うことができる。鉄系工作物の表面処理についてはW電極により安定した処理層を形成することができる。また、Taは表面処理層の耐食性を向上させる効果がある。これらの材料を混合した電極を用いることにより、工作物表面にTiC、VC、TaC、WCなどのセラミックス系膜を形成することが可能となる。また、電極成分の比率を変化させることにより、用途、工作物材料に応じた様々な特性の表面処理層を容易に得ることができる。

【0051】また、前記実施例においては、加工液として放電加工油を用いたが、グリセリンなどの高分子化合物系加工液、ポリエチレングリコールなどの高分子化合物を混合した水系加工液、など、C（炭素）を多く含有する他の加工液を用いても、同様な効果が得られる。特にこれらの加工液を用いることにより、火災の危険のない、不燃性加工を行うことができる。

【0052】こうした、金属炭化物を形成するための放電電流の波形としては、電流ピーク、およびパルス幅がきわめて重要である。さらに、表面処理を行うに当っては良好な加工面あらさを維持しつつ良質な表面処理層を得ることが必要である。図2、図3はパルス幅および電流ピークに対する表面処理層（TiC系）の耐磨耗性および表面あらさを示したものである。耐磨耗性は工作物1として例えば工具に表面処理を実施した場合の切削可

11

能距離で示す。図より、パルス幅については、ある程度の幅以上でないと耐磨耗性の高い表面処理層が得られず、 $5 \mu s$  以上のパルス幅が必要である。これは金属と炭素との化学反応が進行するために、ある程度の時間が必要なためと考えられる。一方、パルス幅が大きくなると面あらさ  $20 \mu m R_{max}$  以下の領域においては耐磨耗性の向上が見られるものの、パルス幅が  $500 \mu sec$  以上の場合には加工面あらさが大幅に悪化するとともに、表面が非常に脆くなり、耐磨耗性も低下する。よってパルス幅としては  $5 \sim 500 \mu sec$  の範囲を用いる必要がある。また、電流ピークについても  $1 \sim 20 A$  程度が望ましい。これらの範囲の電流パルスを用いることにより、加工面特性の良い表面処理層が得られる。

【0053】こうした、表面処理に関しては、電極をある程度消耗させ、工作物表面に多く電極材料が付着するような状況にて加工を行うようにすると安定した表面処理層が得られる。具体的には電極消耗が 10 % 以上の有消耗領域を用いると良い。

【0054】また、電流波形の立ち上がり時間も処理特性に大きく影響を与える。電流立ち上がり時間が急峻な場合には電極の消耗が増大するため、工作物への付着量が増大する。このため厚い被膜を短時間で形成する場合には、電流立ち上がり速度が早い波形が望ましい。こうした波形による処理では厚い堆積層が形成される反面、溶融が十分ではなく処理層は比較的もろい層となる。一方、電流立ち上がりが緩やかな波形の場合、堆積速度は低下するが、溶融が十分に行なわれ易いため、形成される処理層はきわめて硬度の高い緻密な層となる。このため、処理の初期においては電流立ち上がりの速い波形を用い、金属の付着（堆積層形成）の後は立ち上がりの遅い波形を用いると良い。図4に電流立ち上がりスロープ率と堆積速度、硬度の関係を示す。このように電流立ち上がりスロープ率（電流立ち上がり勾配）を加工中に変更できる加工電源を用いることにより、きわめて効率よく良質な表面処理層が得られる。特に、TiCなどの粉末物質を混入せず、Ti電極で加工を行う場合については、もともと厚い堆積層を形成するのは困難であるため、はじめから電流立ち上がりが緩やかなスロープ状の波形を用いるのが一般的である。硬度の高い緻密な溶融層を得るためにには、電流の立ち上がりスロープ率（電流立ち上がり勾配）としては、 $1 A/\mu sec$  以下の緩やかなスロープを用いる必要がある。なお、こうしたスロープ状の電流波形は、スイッチング素子によるスケーブルコントロールを行うのが望ましいが、インダクタンス素子などを用いて電流の立ち上がりをなまらした波形を用いても、ある程度の効果が得られる。また、処理の後半においては、極力ギャップの狭い加工を行うことにより、より緻密な表面処理層を得ることができる。

【0055】また、図5は電極極性による表面処理面の硬度の違いを示したものである。図より、電極極性

10

(一) にて処理を行ったものの方が表面の硬度が明らかに高い。また、ヒートサイクル試験を行った結果も、電極極性 (一) での処理の方が剥離もなく、クラックの発生も少なかった。さらに、両極性（交流）パルスにて処理を行ったものも比較的高い硬度が得られている。加工液として油系の加工液を用いる場合は電解作用による影響はないが、加工液として水系の加工液に高分子化合物を混合したものを用いる場合、電極極性 (一) では工作物側に電解腐食が発生し処理面にダメージを与える。両極性（交流）のパルスを用いることにより、こうした電解腐食を防止することができる。

20

【0056】上記電極の形状としては、円筒形状、角柱状、パイプ状の電極が用いられる。こうした単純形状の電極を工作物表面に対して水平方向にスキャニングしながら加工を行うことにより、複雑形状、曲面形状への表面処理が可能である。一方、前記Ti、W、Ta、V、Nbなどの金属により、総型電極を製作し、総型電極によって表面処理を行うこともできる。その場合は、荒加工、中仕上用に銅電極を、仕上加工、表面処理用に前記表面処理用金属電極を用いると良い。

30

【0057】本加工方法は一般に電極有消耗領域を用いて加工を行うため、特に単純形状電極による表面処理を行う場合については、電極の消耗を補正しながら加工を行う必要がある。すなわち、加工面に平行な方向(XY方向)にスキャニング加工を行うと、電極が長手方向に消耗し、処理不能となるため、図6に示すように所定距離XY方向に進行するごとに所定分だけ電極長手方向( Z 軸方向)に電極送りを行うことにより、広い面積の複雑形状の表面処理が可能となる。このほか、XY方向に一定速度で電極を送りつつ、Z軸方向に電極サーボを行なうようにして加工を行うことにより、電極の長さ方向の消耗を見かけ上補正しながら加工を行うこともできる。

40

【0058】また、本実施例での加工の特徴として、処理前半は表面に堆積が行われるが、長時間加工を行うと逆に工作物の加工が進行してしまい、工作物の形状を崩してしまうという特性がある。図7に処理時間に対する堆積量を示す。図において堆積量 (一) は加工面が膨らんでしまったことを示している。以上のことから、本方法においては、処理を適正な時間で終了するようにあらかじめ設定しておく必要がある。通常は工作物の除去の進行が開始するまでの時間をあらかじめ入力、記憶させておき、その時間で処理を完了するようにする。

【0059】また、横方向にスキャニング処理を行う場合には、横方向の移動速度が遅すぎると加工が進行してしまつため、適正な速度で横方向に移動するよう、横方向速度を決定するパラメータをセットし、加工を行う。これにより、工作物表面の加工が進行することなく表面処理を行うことができる。

50

【0060】また、前述のように、Ti、W、Ta、

V、Nbなどの金属により総型電極を製作し、総型電極によって表面処理を行う場合、工作物表面への表面処理と仕上加工を同時にすることにより、トータルの加工時間を短縮できることとともに、加工面全体に均一かつ良質な表面処理層を形成することができる。

【0061】さらに、上記金属(Ti、W、V、Ta、Nb)に、これらの金属の炭化物(TiC、WC、VC、TaC、NbC)、窒化物(TiNなど)を混合しても良い。また、Co、Niなどのバインダとなる物質を混ぜることにより、処理層の韌性を高めることができる。

【0062】実施例2. 以下、この発明の実施例2を図に基づき説明する。図8はこの発明の実施例2の放電加工による表面処理装置を示す構成図であり、1は加工および表面処理を行う工作物、2は総型銅電極、103は灯油系放電加工油にTiC粉末を混入した加工液、4は前記総型電極2を交換する電極交換装置、5は電極の垂直方向の駆動を行うZ軸駆動装置、6は工作物の水平方向(X方向)駆動を行うためのXテーブル、7は工作物の水平方向(Y方向)駆動を行うためのYテーブル、8はXテーブル6用の図示されない駆動モーターを制御するX軸サーボアンプ、9はYテーブル7用の図示されない駆動モーターを制御するY軸サーボアンプ、10は加工槽、11はCNC制御装置、14は加工液103を極間に供給する加工液供給装置、15は放電パルス供給電源である。

【0063】次に、動作について説明する。工作物1のセッティングを行った後、実施例1とは異なり、電極交換装置4により総型銅電極2をZ軸駆動装置5に取付け、加工を開始する。加工中、加工槽10には灯油系放電加工油にTiC粉末を混入した加工液103が常時供給され、総型銅電極2によって加工を行う。

【0064】加工中、放電により発生した熱エネルギーにより、加工液中のTiCが工作物表面に付着するとともに放電の熱エネルギーにより工作物表面が溶融し、工作物表面にTiCの硬質被膜が形成される。加工液中のTiC粉末の一部は放電の熱エネルギーにより分解されるが、加工液中のC(炭素)成分と分解されたTiとの間の化学反応により、工作物表面において再度結合し、被膜を形成する。実施例1の場合と異なる点はあらかじめ処理材料としてTiCなどを加工液に混入している点である。これにより、実施例1の場合には炭化物を形成する化学反応を起こすことができなかったパルス幅の短い条件や、電流ピークの低い条件においても、比較的強固な表面処理層を形成することができる。一般に表面処理層は母材となる組成となるため、引張応力が残留しやすく、表面にクラックなどが発生しやすい。特に、放電がある領域に集中した場合、クラックの発生が顕著となり、加工面の品質が著しく低下する。こうした点に対して、粉末混入加工は放電の分散性を高める効果があるた

め、表面処理層のクラックの発生を大幅に低減でき、その結果きわめて良質に表面処理層が得られる。また、粉末を混入した加工液を用いる方法であるため、通常の放電加工と同様な総型電極を用いて表面処理を行うことが可能となる。

【0065】加工液に混入する粉末としては、上記TiCとセラミックスの他必要とする処理面の特性に応じて、VC、TaC、NbC、WCなど炭化物セラミックスを用いても良い。また、TiN、TiBなどの窒化物、硼化物セラミックスの粉末を用いても良い。これらの材料は、TiCなどの炭化物に比べて熱により分解し易く、実際に形成される被膜としては、TiCNなどの組成になる場合が多い。

【0066】実施例3. 以下、この発明の実施例3を図に基づき説明する。図9はこの発明の実施例3の放電加工による表面処理装置を示す構成図であり、1は加工および表面処理を行う工作物、2は金属Ti(チタン)により形成された表面処理用電極、103はC(炭素)を多く含有する灯油系放電加工油にTiC粉末を混入した加工液、4は通常の放電用電極および表面処理用電極2を交換する電極交換装置、5は電極の垂直方向の駆動を行うZ軸駆動装置、6は工作物の水平方向(X方向)駆動を行うためのXテーブル、7は工作物の水平方向(Y方向)駆動を行うためのYテーブル、8はXテーブル6用の図示されない駆動モーターを制御するX軸サーボアンプ、9はYテーブル7用の図示されない駆動モーターを制御するY軸サーボアンプ、10は加工槽、11はCNC制御装置、12はCNC制御装置11内部に設けられ、表面処理用電極2による加工時における電極の動きを制御する軌跡移動制御装置、13は表面処理用電極2による加工のための電極パスプログラム(NCプログラム)を軌跡移動制御装置12に供給する電極軌跡生成用CAM、14は加工液103を極間に供給する加工液供給装置、15は前記電極金属物質と加工液中の炭素との間に化学反応を発生させる放電電流パルスを供給する放電パルス供給電源である。

【0067】次に、動作について説明する。実施例1と同様、工作物は放電加工を行う前工程にて、切削加工、放電加工などによりあらかじめ加工がなされ、形状はすでに形成されている。この状態の工作物1を加工槽10にセットする。工作物1のセッティングを行った後、電極交換装置4により表面処理用電極2をZ軸駆動装置5に取付け、加工を開始する。加工中、加工槽10にはC(炭素)を多く含有する灯油系放電加工油にTiC粉末を混入した加工液103が常時供給され、単純形状の表面処理用電極2によって前荒加工工程による加工表面を横方向になぞるように加工を行う。CNC制御装置12内部に設けられた軌跡移動制御装置13はあらかじめ電極移動軌跡生成用CAM13によって作成された電極パ

50 ルス情報(NCプログラム)に基づき、表面処理用電極2

15

の横方向の移動の制御を行う。

【0068】加工中、放電により発生した熱エネルギーにより、加工液中のTiCが工作物表面に付着するとともに放電の熱エネルギーにより工作物表面が溶融し、硬質被膜が形成される。また、電極材料であるTi（チタン）も放電のエネルギーにより溶融し、工作物表面に付着する。その際、TiはTiCより融点が低いため、容易に溶融して工作物表面に付着し、加工液中のTiCを取り込んだ形で被膜を形成する。加工表面に付着したTiは加工液中の分解炭素との化学反応により、再溶融の過程でTiの炭化物（TiC）が形成され、工作物表面に硬質被膜が形成される。通常、電極としてはTi金属を主体とした電極を、また加工液中に混入する粉末としてはTiC粉末を用いると加工がより安定となり、良質の表面処理層が短時間で得られる。電極としてTiにTiCを含んだ電極を用いることもできるが、TiCの比率が高くなると電極の導電度が低下し、加工が不安定となるとともに、電極消耗が著しく増大する場合がある。これに対し、上記のように電極に金属Tiを主体とした電極を用いることにより、加工の安定度を維持することができる。本実施例においては、加工液中にTiCが含まれているため、実施例1の場合には炭化物を形成する化学反応を起こすことができなかったパルス幅の短い条件や、電流ピークの低い条件においても、比較的強固な表面処理層を形成することができる。また、加工液中のTiC粉末に替えて実施例2において記載した他のセラミックスでも良く、さらに、電極全量がC（炭素）と化学反応して工作物表面に形成されるセラミックス膜と加工液中のセラミックスが溶融した工作物表面に付着して形成されるセラミックス膜は異なる場合でも良く、その場合セラミックスの複合相が表面処理層として形成される。

【0069】実施例4、以下、この発明の実施例4を図に基づき説明する。図10はこの発明の実施例4の放電加工による表面処理装置を示す構成図であり、1は加工および表面処理を行う工作物、16はTi（チタン）をワイヤ状にした表面処理用ワイヤ電極、17は通常の加工を行う黄銅ワイヤ電極、3はC（炭素）を多く含有する灯油系放電加工油、17は黄銅ワイヤ電極17と表面処理用ワイヤ電極16を交換する電極自動交換装置、6は工作物の水平方向（X方向）駆動を行うためのXテーブル、7は工作物の水平方向（Y方向）駆動を行うためのYテーブル、8はXテーブル6用の図示されない駆動モーターを制御するX軸サーボアンプ、9はYテーブル7用の図示されない駆動モーターを制御するY軸サーボアンプ、10は加工槽、11はCNC制御装置、14は加工液3を極間に供給する加工液供給装置、15は前記電極金属物質と加工液中の炭素との間に化学反応を発生させる放電電流パルスを供給する放電パルス供給電源である。

16

【0070】次に、動作について説明する。まず、電極自動交換装置18により黄銅電極17がセットされ、工作物の荒加工が行われる。ついで電極自動交換装置18により、ワイヤ電極を表面処理用ワイヤ電極16に交換し、表面処理を行う。加工中、加工槽10にはC（炭素）を多く含有する灯油系放電加工油3が常時供給され、表面処理用ワイヤ電極16によって仕上加工が行われる。CNC制御装置11内部に設けられた軌跡移動制御装置12はあらかじめ電極移動軌跡生成用CAM13によって作成された電極パス情報（NCプログラム）に基づき、表面処理用ワイヤ電極17の横方向の移動、すなわち、Xテーブル、Yテーブル駆動の制御を行う。

【0071】加工中、放電により発生した熱エネルギーにより、ワイヤ電極材料であるTi（チタン）が加工部分の加工液中に浮遊するとともに、工作物表面に付着する。また、同時に加工液3の中のC（炭素）が放電の熱エネルギーにより分解し、加工液から離脱する。この分解した炭素と前記加工液中および工作物表面に付着したTi（チタン）との間の化学反応により、Tiの炭化物（TiC）が形成され、工作物表面に硬質被膜が形成される。本方法により、通常のワイヤ放電加工面の全域において、表面処理を行うことが可能である。

【0072】また、本実施例においては、黄銅ワイヤ電極と表面処理用ワイヤ電極を交換して加工を行う例を示したが、加工形状やワイヤ電極径が小さい場合には、荒加工から仕上・表面処理まですべてをTiなどの表面処理用電極で行っても良い。

【0073】また、本実施例においては、表面処理用電極としてTi電極を用いた例を示したが、黄銅などの表面にTiなどの表面処理材をコーティングした電極を用いても良い。

#### 【0074】

【発明の効果】以上のように、この発明によれば、炭素と結合して耐磨耗性の高い炭化物を形成する金属からなる電極と、炭素を所定量含有する加工液を貯溜する加工槽と、所定の立ち上がり時間を有する放電パルス電流を極間に供給する放電パルス供給手段とを備え、放電加工の熱作用によって金属電極物質と加工液中の炭素との間に化学反応を発生させることにより、被加工物表面に金属炭化物の改質層を形成するようにしたため、1次加工のみで再溶融が可能であり2次加工を行うことなく、容易に硬質かつ緻密な表面処理層が得られる効果がある。

【0075】また、耐磨耗性の高いセラミックス粉末を含有する加工液を貯溜する加工槽と、放電パルス電流を極間に供給する放電パルス供給手段とを備え、放電加工の熱作用によって被加工物表面を溶融させ被加工物表面にセラミックスの改質層を形成するようにしたため、放電パルス電流の条件の制限を受けることなく硬質の表面処理層が得られるとともに、表面処理層のクラックの発生を防止することができ、その結果良好な表面処理層が

17

得られる。また、セラミックス粉末を混入した加工液を用いるので、通常の放電加工と同様な総型電極で表面処理を行える効果がある。

【0076】また、炭素と結合して耐磨耗性の高い炭化物を形成する金属からなる電極と、炭素を所定量含有する液体に耐磨耗性の高いセラミックス粉末を混入した加工液を貯留する加工槽と、放電パルス電流を極間に供給する放電パルス供給手段とを備え、放電加工の熱作用によって被加工物表面を溶融せしめるとともに、金属電極物質と加工液中の炭素との間に化学反応を発生せしめ、被加工物表面に耐磨耗性の高い改質層を形成するようになつたため、放電パルス電流の条件の制限を受けることなく硬質の表面処理層が安定かつ短時間で得られるとともに、表面処理層のクラックの発生を低減することができ、その結果良好な表面処理層が得られる。また、耐磨耗性の高いセラミックス粉末を混入した加工液を用いていため、電極金属の炭化物と異なるセラミックスを選択すれば複合相からなる表面処理層が得られる効果がある。

【0077】また、炭素と結合して耐磨耗性の高い炭化物を形成する金属からなるワイヤ状電極と、炭素を所定量含有する加工液を貯留する加工槽と、放電パルス電流を極間に供給する放電パルス供給手段とを備え、放電加工の熱作用によって金属電極物質と加工液中の炭素との間に化学反応を発生させることにより被加工物表面に金属炭化物の改質層を形成するようになつたため、通常のワイヤ放電加工面全域において、表面処理を行うことが可能となり、複雑・微細な形状の表面処理を容易に行える効果がある。

【0078】また、放電加工の電気条件として、電極有消耗条件にて放電加工を行うことにより、被加工物表面に改質層を形成するようになつたため、加工面特性の良い表面処理層が安定かつ効率よく得られる効果がある。

【0079】また、放電加工の極性を電極（-）、被加工物（+）の極性で放電加工を行うことにより、被加工物表面に改質層を形成するようになつたため、被膜硬度を高めることができ、ヒートサイクルにおいてもクラックの発生の少ない加工面特性の良い表面処理層が安定して得られる効果がある。

【0080】また、放電加工における放電パルス電流として、所定の立ち上がり時間を有する放電パルス電流を用いることにより、処理材料の溶融が十分行なわれ、硬度の高い緻密な表面処理層が得られる効果がある。

【0081】また、電極を単純形状電極とし、この単純電極形状電極を被加工物表面に対して平行方向に移動させるよう制御を行う軌跡移動制御手段を備え、単純形状電極により被加工物表面をスキャニングしながら放電加工を行うことにより、被加工物表面に改質層を形成するようになつたため、特別の形状の電極を製造することなく、複雑形状、曲面形状への表面処理を容易に行える効

50

(10)

18

果がある。

【0082】また、電極の被加工物表面に対する平行移動量に応じて発生する電極の長手方向の消耗に対して電極の垂直方向の位置を補正する電極消耗補正手段を備えたことにより、被加工物表面に改質層を形成するようになつたため、広い面積の複雑形状の表面処理を高精度に行える効果がある。

【0083】また、放電加工による表面処理を行い形成された改質層の堆積量が加工時間の経過により減少する場合、被加工物の除去の進行が開始するまでの時間を記憶する記憶手段を備え、被加工物の除去の進行が開始する以前に放電加工を終了することにより、あらかじめ形成された被加工物形状を損ねることなく、被加工物表面に改質層を形成するようになつたため、前加工における被加工物の形状を損なうことなく表面処理を行える効果がある。

【0084】また、被加工物の除去の進行しないようなスキヤニング速度を決定するパラメータを記憶する記憶手段を備え、被加工物の除去の進行が開始する以前に放電位置を移動することにより、あらかじめ形成された被加工物形状を損ねることなく、被加工物表面に改質層を形成するようになつたため、被加工物表面の侵食が行われることなく表面処理を行える効果がある。

【0085】また、被加工物表面への表面処理と仕上加工を同時にを行うことにより、トータルの加工時間を短縮できることとともに、加工面全体に均一かつ良質な表面処理層が得られる効果がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施例1の放電加工による表面処理装置を示す構成図である。

【図2】 この発明の実施例1の放電加工による表面処理装置の電流パルスのパルス幅に対する表面処理層の耐磨耗性および面あらさを示す図である。

【図3】 この発明の実施例1の放電加工による表面処理装置の電流パルスの電流ピークに対する表面処理層の耐磨耗性および面あらさを示す図である。

【図4】 この発明の実施例1の放電加工による表面処理装置の電流パルスの電流立ち上がり時間と堆積速度、硬度の関係を示す図である。

【図5】 この発明の実施例1の放電加工による表面処理装置の電流パルスのパルス幅と各電極極性による表面処理面の硬度の違いを示す図である。

【図6】 電極の消耗を補正方法を示す図である。

【図7】 処理時間に対する表面処理堆積量の関係を示す図である。

【図8】 この発明の実施例2の放電加工による表面処理装置を示す構成図である。

【図9】 この発明の実施例3の放電加工による表面処理装置を示す構成図である。

【図10】 この発明の実施例4の放電加工による表面

19

処理装置を示す構成図である。

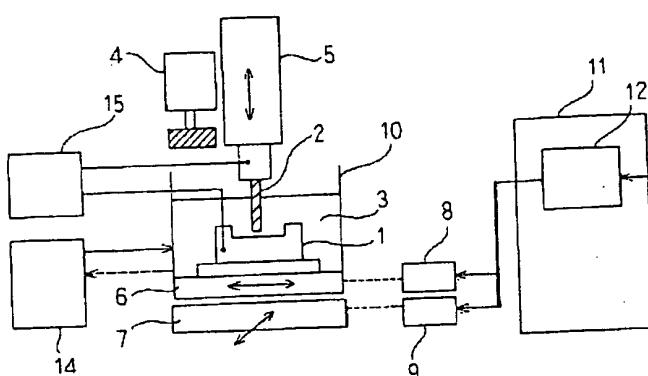
【図1】従来の放電加工による表面処理装置を示す構成図である。

【符号の説明】

1 工作物、2 表面処理用電極、3 灯油系放電加工油、4 電極交換装置、5 Z軸駆動装置、6 Xテーブル、7 Yテーブル、8 X軸サーボアンプ、9 Y

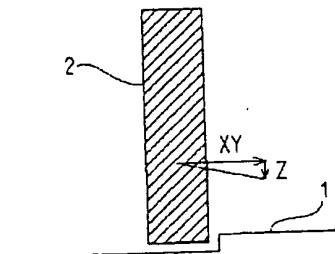
軸サーボアンプ、10 加工槽、11 CNC制御装置、12 軌跡移動制御装置、13 電極軌跡生成用CAM、14 加工液供給装置、15 放電パルス供給電源、16 表面処理用ワイヤ電極、17 黄銅ワイヤ電極、18 ワイヤ電極自動交換装置、103 粉末混入加工液。

【図1】

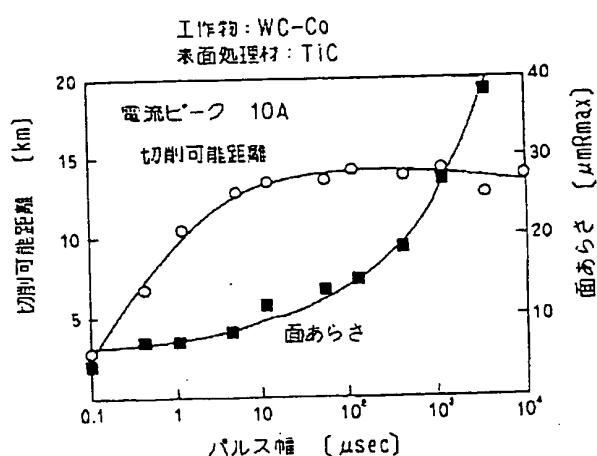


- 1: 被加工物
- 2: 金属電極
- 3: 加工液
- 10: 加工槽
- 15: 放電パルス供給手段

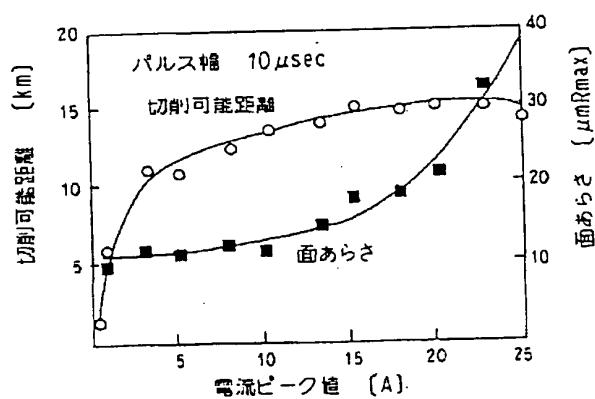
【図6】



【図2】

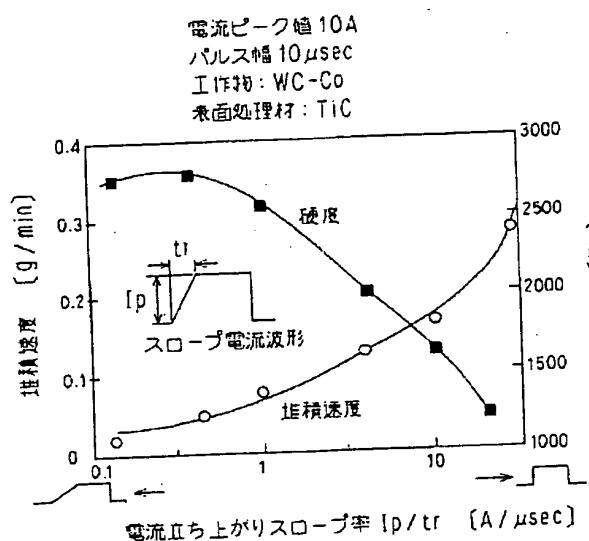


【図3】

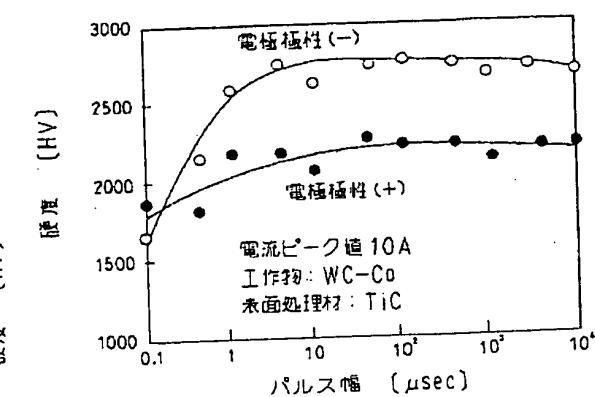


(12)

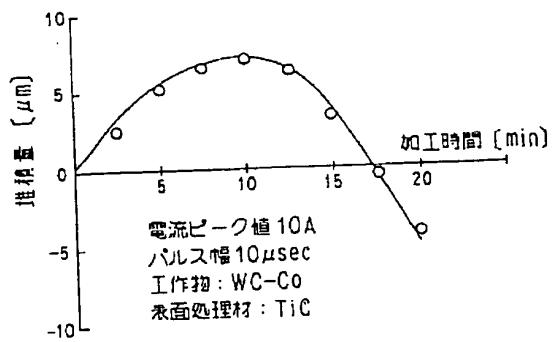
【図4】



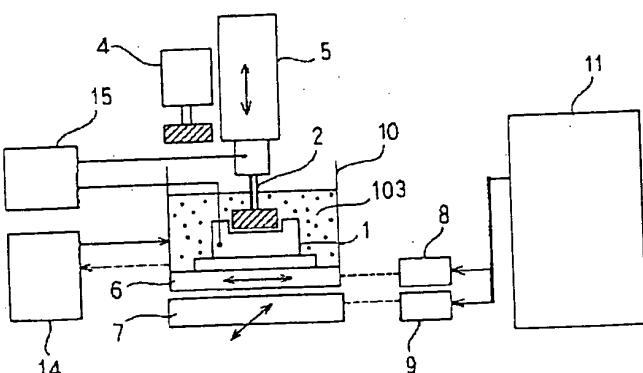
【図5】



【図7】

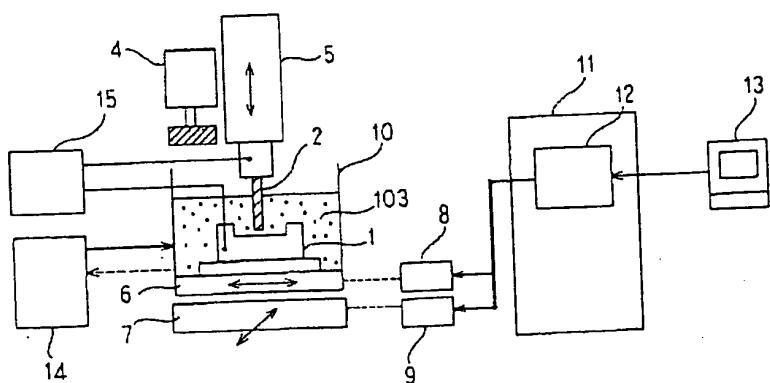


【図8】

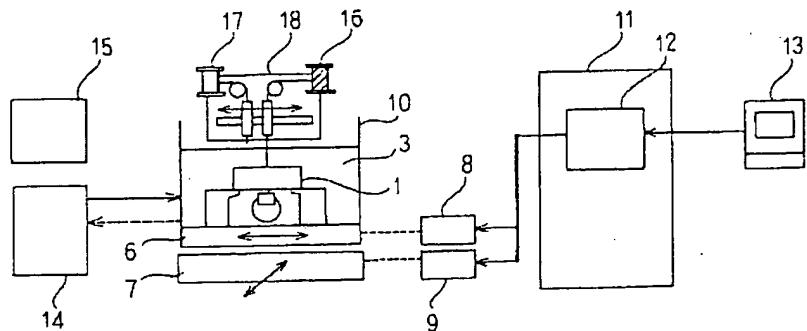


103: 粉末混入加工液

【図9】

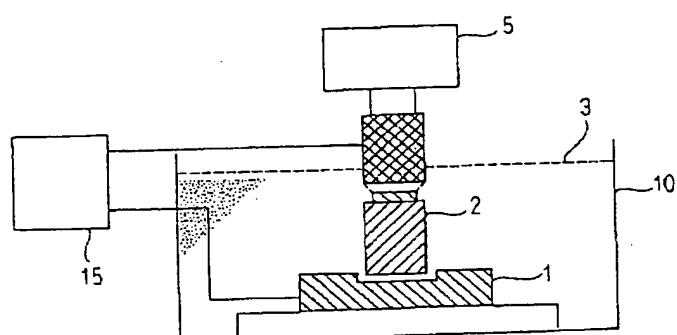


【図10】



17: ワイヤ電極

【図11】



フロントページの続き

(72) 発明者 斎藤 長男

愛知県春日井市岩成台9丁目12番地12

(72) 発明者 毛利 尚武

名古屋市天白区八事石坂661

(72) 発明者 真柄 卓司

名古屋市東区矢田南五丁目1番14号 三菱

電機株式会社名古屋製作所内

(72) 発明者 後藤 昭弘

名古屋市東区矢田南五丁目1番14号 三菱

電機株式会社名古屋製作所内